

A vonalas erózió Magyarországon

Felvezetés

Földünk felszíne folyamatosan változik. E változások döntő része azonban olyan időléptékben zajlik le, hogy egy emberöltő alatt nem nagyon fedezhetünk fel markáns eltéréseket. A lepusztulás egyik legjellemzőbb megnyilvánulása az erózió (BARCZI A.–CENTERI Cs. 2005), aminek általában sokkal inkább az eredménye a szembetűnő, mintsem maga a lépésenként nyomomonkövethető folyamat. Ezzel szemben, a vonalas erózió nagyon látványos és nagymértékű felszínformálásra képes, ezért egy kívülálló számára is könnyebben értelmezhető. Vízmosságok bevágódásával – szélsőséges esetben – akár egyetlen csapadék hatására szántók válnak művelhetetlenné, területek árkolódnak fel, utak, vasutak szakadhatnak át, illetve a vízmosságokból származó hordalék lerakódása során (CENTERI Cs. et al. 2011) szintén jelentősen megváltoztatja környezetét.

A vízmosságok által okozott gyors változások a legtöbbször tartósak is, hiszen a kialakult vízmosságokat csak komoly költségek árán lehetne eltüntetni, erre azonban csak nagyon kivételes esetekben áldoznak. A vízmosság tehát hosszú időre része marad a tájnak és befolyásolja annak anyag- és energiaáramlását, hidrológiáját, területhasználatát, mozaikosságát, végső soron ökológiai és ökonómiai értékét.

A vonalas erózió felelős a jó minőségű, nagy tápanyagtartalmú talajok mennyiségi veszteségéért is. Egyes becslések szerint Magyarország természeti erőforrásainak közel harmadát a termőföld biztosítja. A talajvédelem szempontjából alapvető fontosságú feladat, hogy megismerjük a vízmosságok tulajdonságait, kategorizálni tudjuk őket, megértsük kialakulásuknak és fejlődésüknek mozgatórugóit, és ezek alapján tervezni tudjuk a jövőt. E fejezet kísérletet tesz a vonalas erózió témakörének tömör, az alapokat érintő bemutatására, illetve a leegyszerűsített folyamatok mindenki számára érthető felvázolására. A leírtak könnyebb megértését sok képpel és ábrával próbáljuk segíteni.

A vonalas erózió fogalma

A talajerózió fogalma alatt a felszínen elfolyó víz, talajt megbontó és elszállító hatását értjük. A felszíni lefolyás közvetve vagy közvetlenül a csapadékokból származik. A talajra hulló csapadék egy része beszívárog a talajba, kisebb hányada ideiglenesen a felszínen marad. A felszínen rekedő csapadék hó vagy jég formájában, illetve víz formában, élő vagy holt

növényi felületeken raktározódhat. Az a rész, ami már ezeken a tárhelyeken sem fér el – a gravitáció hatására –, a felszínen lefolyik. Sima felszín és egyenletes lejtés esetén a lefolyó vízlepel vastagsága, sebessége és energiája nagyságrendileg azonos lesz egy nagyobb területet tekintve is. Természetesen, a vízálasztótól távolodva a völgytalp irányában a növekvő vízgyűjtőterületről lefolyó víz összeadódik, azaz a lejtőn lefelé haladva nő a lefolyás mennyisége.

Ez a folyamat mindig is létezett, és nagymértékben hozzájárult bolygónk magasabb részeinek lepusztításához, illetve völgyek képződéséhez. Ez esetben, jellemzően nem a talaj, hanem sokkal nagyobb mértékben az alatta fekvő geológiai összetétel pusztul. Ezt a folyamatot geológiai erózióknak nevezik. Az emberi tevékenység (erdőirtások, intenzív szántóföldi művelés, nagyobb felszínek burkolása stb.) hatására a természetes folyamat sebessége sokszorosára gyorsult, s ezzel megszületett az antropogén „gyorsított erózió”. A gyorsított erózió – mivel sok esetben a szántóföldi műveléshez köthető –, sokkal inkább fenyegeti a talajokat, mint a geológiai erózió.

A természetben azonban sehol sem teljesen sima a felszín, még a mezőgazdasági művelés által elegyengetett talajon is a néhány mm-es magasság különbségek mikrodomborzatot alkotnak, amely befolyásolja a víz folyását. A „helyi magaslatokat” megkerülő víz a relatíve mélyebb részekben koncentrálódik. Itt a nagyobb tömeg nagyobb sebességet és nagyobb energiát indukál. E mélyedésekben az összegyűlő vízfolyás sokkal nagyobb eséllyel bontja meg a talajfelszínt, tehát az erózió ezeken a helyeken fokozottan jelentkezhet. E koncentrált vízfolyások egy (mikro)mederben, egy vonal mentén futnak le, az általuk kifejtett talajelhordás is e vonal mentén jelenik meg, ezért hívják ezt a folyamatot vonalas erózióknak. Amíg ezek a kisméretű csatornák egy nagyobb területen egyenletesen, csak pár centiméteres mélységben jelennek meg, behálózva a terület jelentős részét, addig a lepusztulás a felületi rétegerózió csoportjába tartozik. Nehéz meghúzni a határt a felületi rétegerózió és a vonalas erózió között, hiszen a különbség a vonalas formák méretében van. Ha a bevágódás eléri a deciméteres nagyságrendet, a talajpusztulás egyértelműen vonalas formában történik (POESEN J. et al. 2006).

A vonalas erózió kialakulásának feltételei

A vonalas erózió kialakulásában alapvető szerepe van a felszínen lefolyó csapadék mennyiségének. A lefolyás mennyiségét több tényező határozza meg, ezek közül az alábbiak a legfontosabbak.

A csapadék szerepe a vonalas erózió kialakulásában

Minél nagyobb intenzitással és minél nagyobb mennyiségben hullik az eső – azaz egységnyi idő alatt minél nagyobb mennyiségű víz éri el a felszínt –, annál nagyobb hányada reked a felszínen. A talaj megbontását ez a vízmennyiség végzi el. Nagyobb mennyiségű víz, nagyobb pusztításra képes. A csapadék éven belüli eloszlása, rendszeressége, hevessége, illetve a szélsőségek mértéke és aránya alapvetően határozza meg az erózió folyamatát.

A növényzet szerepe a vonalas erózió folyamatában

A felszínt borító növényzet felületén jelentős mennyiségű víz tárolódik el, ezzel csökkentve a talajt elérő víz mennyiségét. A talajon lefolyó víz csak akkor tudja megbontani a felszínt, ha kellő sebességet ér el. A sűrű növényzet földfeletti részei útjában állnak a lefolyó víznek ezzel megtörik a sebességét, energiáját, így az nem képes megbontani a felszínt, illetve a már esetlegesen elragadott hordalékot is lerakja. A növények gyökerei által átszőtt talaj sokkal ellenállóbb a felszíni víz energiájával szemben. Összességében a növényzet mennyiségével fordítottan arányos a felszíni lefolyás mennyisége.

A talajfelszín állapota és a vonalas erózió

A felszín tulajdonságai alapvetően meghatározzák a beszivárgó víz mennyiségét (CENTERI CS. 2002). A nagy porozitású talajfelszínen keresztül jelentős mennyiségű víz hatol be a talajba, ezzel csökkentve a lefolyás mennyiségét. Ha a felszín porozitása minimálisra csökken (pl. mert aszfaltburkolatot terítettek rá) csekély mennyiségű csapadék is nagy mennyiségű lefolyást produkálhat.

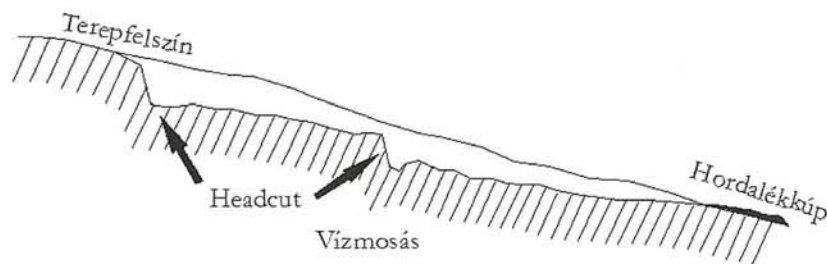
Domborzat

Ha a fenti okok miatti lefolyás a domborzat adottságaiból fakadóan egy pontban koncentrálódik, ott a csapadék csekély felszínen rekedő hányada is komoly vízmennyiséget okoz, mely könnyen a felszínbe vágódhat. Egy felszíni ponthoz tartozó vízgyűjtő-terület nagysága egyenes arányban áll a vonalas erózió kialakulásának esélyével.

A terület lejtése szintén befolyásolja a bevágódás lehetőségét. Meredekebb lejtőkön a lehulló csapadék kisebb hányada tud csak beszivárogni, a lefolyás mennyisége megnő, a nagyobb tömegű víz, a nagyobb lejtés miatt nagyobb energiát és sebességet ér el, vagyis sokkal nagyobb eséllyel vágódik a felszínbe.

Megjelenési formái

A vonalas erózió megjelenése a folyamatok jellegét és ezen keresztül a morfológiát tekintve meglehetősen egységes, a formákat leginkább a bevágódás mértéke alapján szokás elkülöníteni. Definíciószerűen a vonalas formákat sokan, sokféle szemszögből igyekeztek meghatározni (JAKAB G. 2007, 2009), de a mai napig sem létezik teljes mértékben elfogadott álláspont (BERGONSE R.–REIS E. 2011). A legáltalánosabban elfogadott álláspontok alapján olyan negatív felszíni formaként azonosíthatjuk őket, melyek egyedi csapadékok hatására rövid idő alatt keletkeznek, és hosszuk jóval meghaladja a szélességüket, illetve a mélységüket. Egy idealizált vonalas forma hossz-szelvényének vázlatát az 1. ábra szemlélteti.



1. ábra A vízmosás elvi hossz-szelvényének vázlata

A vízmosások fenékvonala nem feltétlenül párhuzamos a felszínnel. Az esetek jelentős részében a fenékvonal esése kisebb, mint a felszíné. Az ebből adódó szintkülönbségek hirtelen leszakadásokkal, ún. „headcut”-okkal egyenlítődnek ki (2. ábra). A fenék érdekessége leginkább talajtani paraméterek függvénye és egyenesen arányos a vízmosást alakító koncentrált vízfolyás energiájával (TORRI, D. et al. 2012).



2. ábra Hirtelen leszakadások ún. „headcut”-ok alul és felülnézetből

A vízmosások aljában hordalékkúp található, ahol a magasabb térszínekről szállított hordalék, a víz energiájának lecsökkenése miatt lerakódik. A sekély és keskeny formákat barázdának nevezik. A barázdák leggyakrabban mesterséges felszíneken, pl. rézsűkön, illetve szántóföldeken alakulnak ki, megjelenésük általában egy hevesebb záporhoz kötődik. Ha a kialakuló barázdát nem szüntetik meg (pl. szántással, vagy egyéb talajműveléssel), akkor minden egyes lefolyást okozó csapadék után mélyülni és/vagy szélesedni fog, amellet, hogy a hossza is növekszik. Hogyha a barázda eléri a kritikus méretet, azaz hagyományos talajművelési eljárásokkal már nem szüntethető meg (nem lehet elszántani), akkor vízmosás válik belőle. A vízmosások már lehetetlenné teszik a szántóföldi művelést, ezért közvetlen környezetük az esetek jelentős részében folyamatosan növényzettel fedett. A szántók domborzati adottságai miatt, a víz mindig ugyanazonokon a völgyvonalakon gyülekezik össze, majd folyik le, vagyis a barázdák is minden egyes csapadék után ezeken a helyeken vágódnak be. E barázdák az esetek jelentős részében nem érik el a vízmosás stádiumot, hiszen a talajművelés eltünteti őket. A folyamatos bevágódás azonban jelentős mennyiségű talajvesztést okoz, ami előbb vagy utóbb a delle mélyülésében is megmutatkozik. Ekkor a vízmosás helyett egy sokkal laposabb, tál keresztmetszetű „völgy” alakul ki, amelynek völgyvonalában időről-időre bevágódik a barázda (3. ábra).



3. ábra Elágazó időszakos vízmosás

Mezőgazdasági területeken ez a jelenség adja a pillanatnyi talajpusztulás jelentős részét, ráadásul a lepusztított anyag egésze magas tápanyag és humusztartalmú feltalaj. Az erózióban betöltött meghatározó szerepe indokolja, hogy - habár méretei alapján nem haladja meg a barázda kategóriát -, ennek a formának külön csoportot, az „időszakos vízmosás” osztályát alkották meg (JAKAB G. 2008).

Sok vízmosás van, melyeknek kialakulásában közvetlenül is az emberi tevékenység játsza a főszerepet. A meredek hegyoldalakon folyamatosan közlekedésre használt csapások, utak felszínéről gyorsan eltűnik a növényzet, az állandó taposás pedig elpusztítja a felszín szerkezetét. Ennek kapcsán sok vízmosás alakult ki a korábbi csordajárások nyomvonalán (SCHWEITZER F.–TINER T. 1996; STEFANOVITS P. et al. 1999; KERTÉSZ Á. 2004). Napjainkban sokkal jelentősebb az erő és munkagépek által rendszeresen használt dűlőutak helyzete. Ezen utak vonalvezetése sok esetben merőleges a szintvonalakra, azaz a lehető legmeredekebb. Ekkor a nagyobb esők után a bevágódás szinte szükségszerű (KERTÉSZ Á. 1984; GÁBRIS GY. et al. 2000), annak ellenére, hogy sokszor az útnak szinte egyáltalán nincs vízgyűjtő területe, vagyis csak azt a vizet vezeti le, ami a felületére hullik (4. ábra). A mélyülés és a

talajvesztés azonban csak csekély hányadban tudható be e természetes folyamatnak, hiszen az utak használhatóságának megőrzéséhez folyamatosan el kell egyengetni ezeket a bevágódásokat, ami sokkal nagyobb tömegű hordalékot mozgat meg.



4. ábra Löszmélyút Somogyban

A vonalas eróziós formát egy adott pontban a folyásirányra merőlegesen elmeteszve a vízmosás keresztmetszévé adja. A keresztmetszvény mérete, alakja, szimmetriája alapján fontos információkat szűrhetünk le a talajpusztulás dinamikájáról, jellegéről. Eltérő közettani, porozitás, vízgazdálkodási tulajdonságú rétegek eltérő módon reagálnak a vonalas erózióra. A szerkezetes talajokon, vagy löszön formálódó vízmosásoknak általában függőleges oldalfalaik vannak. A lösz szénsavas mésztartalma jól cementálja a kőzetet, vagyis képes szálban megállni. A felszínen lefolyó víz a maga alatti részeket támadja, a vízmosás fejlődése jellemzően mélyüléssel és a lejtőn történő hátrálással valósul meg. Ezekre a vízmosásokra az „U” alakú keresztmetszvény jellemző. Ha a közegben kevesebb szerkezetességet adó ragasztóanyag van, akkor nem képes a gravitációval szemben megtartani a meredek falakat, ekkor a bevágódás mélységének növekedésével párhuzamosan a vízmosás szélessége is növekszik. Ilyek körülmények között alakulnak ki a „V” keresztmetszvényű vízmosások.

A talajokban, csakúgy, mint az üledékes kőzetek jelentős részében eltérő vastagságú rétegek sorakoznak egymás felett. E rétegek fizikai tulajdonságai jelentősen különbözhetnek egymástól, ami az adott réteg talajpusztulással szembeni ellenálló képességére is hatással van. E rétegek szelvényen belüli elhelyezkedése a vízmosások keresztshelvényében is tetten érhető. A laza, porózus felső rétegbe könnyen vágódik be, a lefolyó víz egészen addig, amíg egy jóval ellenállóbb kompakt réteget el nem ér. E rétegbe ütközve a keresztshelvény mélyülése megáll, a lehordás a sokkal könnyebben pusztítható oldalfalakat támadja, ezáltal a vízmosás szélesedni kezd. E vonalas formák jellegzetes keresztshelvény alakja trapéz, vagy téglalap (5. ábra).



5. ábra A felszín közeli paleotalaj réteg nagy agyagtartalma miatt sokkal jobban ellenáll a víz pusztításának, mint a recens talaj maradványa, ezért e vízmosás nem mélyül, hanem szélesedik. (A paleotalajban a művelés alkotta barázdált felszínt sem tudta kiegyenesíteni a lefutó víz)

A környezeti feltételek megváltozásával a vízmosások erőteljes pusztulása is megállhat. Ilyenkor a korábban kialakult éles peremek, egyenes formák elkezdnek lekopni, fokozatosan lekerekednek és hosszabb-rövidebb időn belül kialakul a stabil vízmosásokra jellemző tál alakú keresztmetszet.

A természetben nagyon ritka az egész hosszában egyöntetű keresztmetszetet mutató vízmosás. Az egyes típusok szakaszonként változhatnak, sőt, akár egy időben egy helyen kombinálódhatnak is. Gyakran előfordul, hogy a már stabilizálódott széles talpú, tál keresztmetszetű vízmosásban - pl. a vízgűjtő területén történt erdőirtás miatt, - megnövekszik a lefolyó víz mennyisége ez pedig újabb, „U” alakú bevágást hoz létre a vízmosáson belül. Az így kialakuló „teraszok” általában a vonalas formák aktivitásának változásához kötődnek.

A formákat feloszthatjuk pillanatnyi aktivitásuk alapján is. A hazánkban található vízmosások jelentős része pillanatnyilag stabilizálódott, fejlődése teljesen megállt, a növényzet újra birtokba vette a területet, a bennük lévő hordalékszállítás az oldott formájú anyagok transzportjára korlátozódik. A folyamatosan művelt, időszakos vízmosások kivételével megállapítható, hogy a vízmosások életük meghatározó részét inaktív állapotban töltik (SIDORCHUK A. 1999). A forma aktivitására sok jelből következtethetünk. Ha a művelés alatt álló szántóföldön találkozunk vele, biztosak lehetünk benne, hogy az időszakos vízmosás jelentős mennyiségű hordalékot szállít. Ha a vízmosás élő vagy holt növényekkel fedett, már nem ennyire egyértelmű a helyzet, azonban egyes jelekből ekkor is következtethetünk az aktivitásra (6. ábra)



6. ábra. Vízmosságok aktivitására utaló jelek erdőben. A jelölés a stabil formától az egyre aktívabb felé halad.
Részletes magyarázat a szövegben.

Az „A” képen egy teljesen megállapodott, stabil vízmossást látunk. Erre utal a vízmosság aljában és falain látható összefüggő avar réteg és a keresztmetszvény alakja. Nincsenek recens mozgásra utaló éles peremek, letörések, a vízmosság szélessége meghaladja annak mélységét, a keresztmetszvény lekerekedett és lapos. A bevágódás hozzátvetőlegesen idejére a kép bal oldalán álló fák kora alapján következtethetünk. A két jelzett fa még egyenes felszínen kezdett nőni, azonban fejlődésük korai szakaszában - az időközben bevágódó vízmosság miatt - a feltalaj egészének mozgásával meredek lejtőre kerültek. Az így megdőlt törzs aztán ismét függőleges irányban növekedett tovább. További árulkodó jel a vízmosságban random módon található faágak jelenléte. Ha a formában legalább időszakosan lenne akkora vízmozgás mely képes a nagyobb ágakat is megmozdítani, akkor ezek szállításának nyomaival szembesülnénk, ahogy az a „B” képen látszik. Az ágak valamilyen útközlő akadályon fennakadva bizonyítják,

hogy e formában - dacára a vastag avarborításnak -, a közelmúltban komoly vízmozgás zajlott. Az ágak mennyiségéből és méretéből a mozgó víz mennyiségére és intenzitására is következtethetünk. A „C” kép vízmosságának keresztmetszvény alakja nagyon eltér az előző két képen látott formától annak ellenére, hogy térben csak néhány kilométer választja el őket egymástól. Az éles peremek, függőleges falak aktív hordalékszállításra utalnak. A baloldaltól a vízmosság szélesedése, illetve az alámosás miatt bedőlni készülő fa már jóval idősebb korában dőlt meg ezért a törzs kiegyenesedése itt nem érhető tetten. A legaktívabb, „D” jelű vízmosságban már nem csak a vízmozgás jelei szembetűnőek, hanem a hordalék mozgása is szemmel látható. A hátravágódás mellett e vízmosság oldalra is fejlődik, szélesedik, ahogy azt az időről-időre bedőlő, helyenként még lombos fák is bizonyítják. Ez az oldalirányú terjeszkedés a löszben nem a felszínen folyó víz bevágódása miatt következik be, hanem az átázott anyag egészének omlásával, roskadásával. Habár mozgatórugóit tekintve e folyamat nem tartozik közvetlenül a vonalas erózió tárgykörébe, mégis meg kell emlékeznünk róla, hiszen nagyon nagy mennyiségű hordalékot mozgat meg, és szorosan a mély és aktív vízmosságokhoz kötődik, azok nélkül nem létezne.

Az eddig tárgyalt, a felszínről fokozatosan bevágódó vízmosságok mellett létezik egy olyan csoport is, mely a felszín alatt alakul ki, majd onnan lép ki a felszínre OLIVEIRA M. A. T. (1990). E vízmosságok képződésének alapja a szuffúzió, vagy magyarul az alagosodás folyamata. A talajba a felszínről beszivárgó víz egészen addig egyenletesen hatol lefelé, amíg egy tömör, kis porozitású réteg útját nem állja. Mivel ebbe a rétegbe nem, vagy csak nagyon kis sebességgel tud beszivárogni, a réteg fölött nagyobb mennyiségű víz gyűlhet fel, amely a réteg lejtésétől függően oldalirányban kezd mozogni. Ez a nagytömegű víz kémiaiilag oldhatja a talajrészecskék közötti „ragasztóanyagokat”, miáltal a részecskék közötti szerkezet összeomlik, a kis egyedi szemcséket a víz magával ragadhatja. Ez további szerkezetromlást, szétesést indukál a vízmozgás útjában, ahol végül több tíz méter hosszú, felszín alatti járatok jönnek létre (7. ábra).



7. ábra A talaj és a kőzet határán képződött szuffúziós járat Külső-Somogyban

A járat a lejtő egy alsóbb szakaszán kilép a felszínre és hordalékát ott rakja le. Lössterületeken az összes hordalék akár 80%-a a szuffúzió eredményeként pusztulhat le (ZHU T. X. et al. 2002). E járatok minden egyes csapadék után tovább fejlődnek, mélyülnek, szélesednek, de az is gyakran előfordul, hogy a felszínhez közelebb eső, „felső” részük is pusztul. Ez esetben a felszínhez közeledve a járatok feletti rész instabillá válik, és előbb-utóbb beszakad (8. ábra). Az így felnyíló csatorna fejlődése jelentősen felgyorsul, hiszen ezután a korábban szállított vízmennyiséghez a felszínről összegyűjtött vízmennyiség is hozzáadódik, ami jelentősen megnöveli a pusztítás és a szállított hordalékmennyiség mértékét.



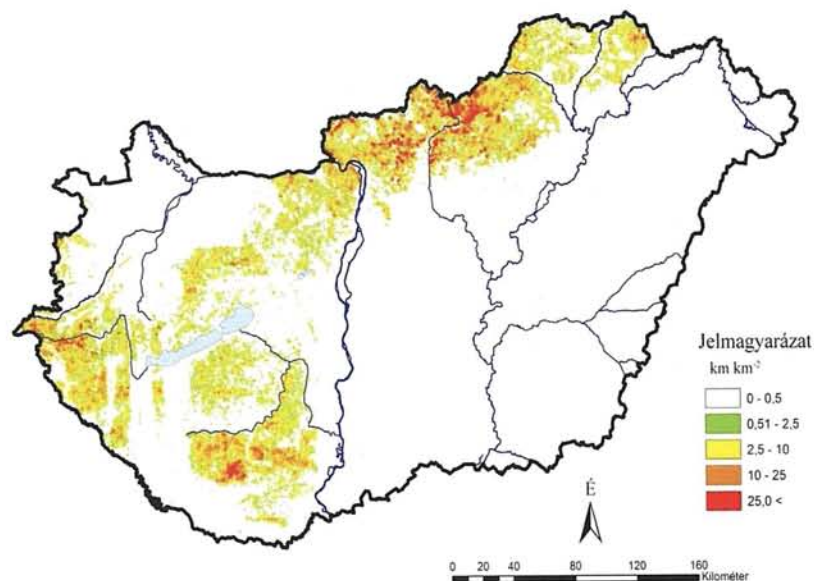
8. ábra Beszakadt szuffúziós járatok Külső-Somogyban

Területi elterjedése

Vízmosások bárhol kialakulhatnak, ahol a környezeti feltételek eredője (1. 3. fejezet) ezt lehetővé teszi. Ennek ellenére vannak kitüntetett helyek, ahol az átlagostól eltérő mértékben jelennek meg vonalas eróziós formák. Globális léptékben elsősorban a klimatikus viszonyok a meghatározóak, azaz a félszáraz területek veszélyeztetettek (KERTÉSZ Á. 2006) (1. Kertész fejezet).

Hazánkban a vízmosások kialakulását a klíma helyett sokkal inkább a domborzat és a pillanatnyi növényzeti fedettség befolyásolja (KERTÉSZ Á.– CENTERI CS. 2006). A már kialakult és $M = 1:10.000$ térképen ábrázolt vízmosások hosszának vizsgálatával jól közelíthetjük azok országos elterjedését. A vízmosás sűrűséget területegységre eső vízmosáshosszban szokták kifejezni, ez az ún. felszabdaltsági mutató, leggyakoribb mértékegysége a km km^{-2} . A felszabdaltság mértéke alapvetően befolyásolja az érintett felszín területhasználatát. Minél több és hosszabb vonalas eróziós forma fejlődik ki egy négyzetkilométeren, a terület annál fragmentáltabbá, összetettebbé válik. Másrésről a lösszterületek vízmosásainak kialakulása és fejlődése az emberi tevékenység fokmérőjeként is felfogható (ZGLOBICKI W.–BARAN-ZGLOBICKA B. 2011)

A Magyarország hegy- és dombvidéki területeiről készült térkép (9. ábra) 0,25 km²-es felbontásban szemlélteti a területenkénti felszabdaltság értékeket.



9. ábra Magyarország vízmosássűrűségének térképe

Ezen részletes adatbázis (JAKAB G. et al. 2011) megszületése előtt a vízmosásokkal erősen felszabdalt (erodált) kategória alsó határa 0,5 km km⁻² volt (STEFANOVITS P. VÁRALLYAY GY. 1992). A mért adatok arra utalnak, hogy ennek az értéknek az 50-szeresét meghaladó területegységre eső vízmosáshosszakat is találhatunk hazánkban. Az új osztályozási rendszer szerint a korábbi erősen erodált határérték a gyengén erodált osztály alsó határával egyenlő (1. táblázat).

1. táblázat A területegységre eső vízmosáshossz és a terület erodáltsága közötti összefüggés STEFANOVITS P.–VÁRALLYAY GY (1992) és KERTÉSZ Á. et al (2012) szerint, Magyarország területének százalékában

STEFANOVITS és VÁRALLYAY szerint	KERTÉSZ et al. szerint	Km ²	Területi részesedés %
0-0,25 nem erodált	0-0,5 nem erodált	75359	81
0,25-0,5 közepesen erodált			
0,5< erősen erodált	0,5-2,5 gyengén erodált	5625	6
	2,5-10 közepesen erodált	7539	8
	10-25 erősen erodált	3314	4
	25< nagyon erősen erodált	644	1

Magyarország vízmosásokkal leginkább felszabdalt nagytája az Észak-magyarországi-középhegység. Az eredmények rávilágítanak, hogy az ország 4,2 %-a tartozik a komolyan veszélyeztetett (10 km km⁻² <) kategóriába. Ebből a legfelső kategória részaránya 0,7%. A vízmosások adatbázisát összevetve a területhasználati adatbázisokkal megállapítható, hogy a vízmosások által leginkább felszabdalt területek az erdőkben találhatóak. Nem szabad azonban megfeledkeznünk arról, hogy az adatbázis csak a térképen ábrázolt, mélyen bevágódott vízmosások alapján készült, azaz szántóföldeken található – a talajművelés által időről időre eltüntetett – időszakos vízmosások habár meghatározó a szerepük a talajpusztulásban, nem szerepelnek benne (JAKAB G. et al. 2012b).

Ha a lejtéviszonyokkal vetjük össze az országos vízmosás-sűrűséget, megállapítható, hogy a vízmosások nem elsősorban a legmeredekebb részekben alakulnak ki. Hegységeink központi régiói vízmosásokban relatíve szegények, holott a nagy lejtés elvileg kedvez a vízmosások kialakulásának. Ennek oka - többek között - abban keresendő, hogy a területek jórészt erdővel borítottak, ezért az esetenként igen magas csapadékösszeg ellenére a fával és általában vastag avarréteggel fedett területeken gyakorlatilag nem alakul ki felszíni lefolyás. A felszín alatti vizek e területeken jellemzően nem tudnak a felszínre kerülni, vagyis a jelenlegi környezeti viszonyokat tekintve nincs, ami bevágódást okozhatna. A már egyszer bevágódott vízmosások természetesen nem tűnnek el, de újak képződése számottevő emberi

tevékenység (erdőirtás, utak kialakítása, területfedés megváltoztatása stb.) kivételével nem jellemző.

Hegységeink pereme azonban, dacára a sokkal csekélyebb relief energia jelenlétének vízmosásokban gazdag. E részeken sokkal intenzívebb az emberi tevékenység. Az esetek egy jelentős részében a szántóföldek egyre nagyobb térhódítása kapcsán ezeken a hegyláb felszíneken is mezőgazdasági műveléssel próbálkoztak, de vonalas, areális eróziót okozott, illetve okoz (GÁBRIS GY. et al., 2003, CENTERI CS. et al. 2009). Sok esetben a számottevő talajpusztulás és a gazdaságtalan termelés miatt e felszíneket újra erdősítették, ami megállíthatja a vízmosások fejlődését (MARDEN M. et al. 2012). Az itt felmért vízmosások tehát pillanatnyilag erdőben találhatók, azonban kialakulásukkor közvetlen környezetükben kevésbé zárt felszínborítás volt a jellemző.



10. ábra. Andezitbe vágódott vízmosás a Börzsönyben. A vonalas erózió kompakt kőzeteket is felszabdálja

Magyarország vízmosásokkal leginkább felszabdalt nagytája az Észak-magyarországi-középhegység. Középtájak tekintetében a Cserhát-vidék, a Mátra-vidék, a Börzsöny és az Észak-Magyarországi medencék, a Dunántúlon a Baranya-Tolnai dombság, a Zalai-dombság és az Alpokalja a leginkább veszélyeztetett a vízmosások által. A kistájak közül az előbb említett nagytájak területén találjuk a leginkább veszélyeztetetteket: Felső-tárnai dombság (CENTERI CS. et al. 2012), Medves-vidék, Karancs, Nyugati-Mátra és Mátralába (JAKAB G. et al. 2012).

Hazánk talajképző kőzeteit tekintve a vízmosásokkal kapcsolatban legtöbbször a löszre asszociálnak. Ez igaz is, hiszen a lösszel és löszszerű üledékkel fedett területek egyik meghatározó geomorfológiai formája a mélyút és a vízmosás. Mindemellett sok vízmosás található homokkővön (HEGEDÜS K. et al. 2008), sőt a legjelentősebb felszabdaltság értékeket nem ritkán vulkanikus eredetű, meglehetősen kemény, kompakt kőzeteken találjuk, habár a pillanatnyi talajvesztés e területeken csekély (MADARÁSZ B. 2009) (10. ábra).

A két terület magas felszabdaltsága mellett az alapvető különbség az eltérő körülmények között kialakuló vízmosások fejlődésének ütemében van. Porózus kőzeten a formák változása sokkal gyorsabb, a bevágódáshoz kompakt kőzeten jóval hosszabb időre van szükség, ugyanakkor az itt kialakult vízmosások sokkal hosszabb ideig léteznek.

A vonalas erózió környezeti és természetvédelmi hatásai

Nagyon kevés olyan helyet találunk a mérsékelt övben, ahol a vonalas erózió ne lenne meghatározó felszínformáló folyamat. Minden vízmosás, a legkisebb barázdát is beleértve jelentősen megváltoztatja környezetének anyag- és energia vándorlását. A talajfelszínen a csapadékvízzel mozgó talajszemcsék, szennyező- vagy tápanyagok csak addig maradnak mozgásban, amíg a felszíni lefolyásnak kellő energiája van szállítani őket, ahogy a víz veszít energiájából, a hordalék jelentős része lerakódik. Ezért a felületi rétegerózió által mozgatott anyagok egy-egy csapadék alatt csak néhány méternyi távolságot tesznek meg lejtőirányban. A vonalas formák nagy területekről képesek magukba gyűjteni a felszínen mozgó vizet ezért a vízmosásokban jóval nagyobb mennyiségű víz mozog, mint a vízmosások nélküli felszínen. A nagyobb tömegű víz nagyobb energiára tesz szert, ezért sokkal intenzívebben képes pusztítani a vele érintkező (talaj)felszínt, illetve a már megmozdított hordalékot a vízmosás teljes hosszán át szállítja, anélkül, hogy jelentős szedimentációt tapasztalnánk. Más szavakkal a vízmosásba bekerülő víz és hordalék az esetek zömében igen gyorsan és szinte teljes egészében eljut a terület magasabb térszíneiről az alacsonyabb részekre. A vízmosások tehát

olyan csatornaként is funkcionálnak melyeken keresztül a hegy- és dombtetők környezetéből a nedvesség és a talaj felszínének közelében megjelenő anyagok jelentős távolságot nagyon rövid idő alatt megtéve sok esetben egészen a völgytalpig, vagy közvetlenül a vízfolyásokba jutnak. A szántóföldi növénytermesztés során a felszínre juttatott kemikáliák a vízmosságok közvetítésével akár erdős hegyoldalakon keresztül is eljuthatnak a völgytalpig (MADARÁSZ B. et al. 2003). A vonalas eróziós formáknak emellett igen nagy szerepük lehet a mikrotápelemek, illetve nehézfémek szállításában és térbeli eloszlásukban is (SZALAI Z. 1998a,b,c; SZALAI Z. et al. 2004).

A vonalas erózió a felületi rétegerózió által megmozdított feltalajt is nagy távolságokra szállítja. Jellemzően a talaj e legfelső rétege rendelkezik a legnagyobb tápanyagtartalommal, ami az élővizekbe jutva jelentősen növeli az eutrofizáció veszélyét (JAKAB G. et al. 2005). Az 1980-as években folytatott „luxusműtrágyázás” (a növényi szükségletet jóval meghaladó, nem okszerű, gyakran nem a megfelelő időpontban végzett szintetikus tápanyag utánpótlás) közvetlen károkat is okozott. Az areális és vonalas erózió sokkal inkább sújtja a szerves és ásványi kolloidokat ezért az elhordott anyagban a tápanyagok feldúsulnak (FARSANG A. et al. 2011, 2012, NAGY R. et al. 2012). A hordalék elérve a felszíni állóvizeket jelentősen rontotta azok trofitását. Habár az akkori műtrágyázási gyakorlat már sehol sem tapasztalható, illetve több intézkedés is történt a tavakba, tározókba ömlő patakok, folyók tisztítására a már a tavakban lévő, a fenékre lerakódott hordalék még mindig olyan jelentős mennyiségű tápanyagot tartalmaz, hogy további terhelés nélkül is még hosszú ideig fennáll az eutrofizáció veszélye. Hazai sekély tavaink esetében általában a rendelkezésre álló foszfor mennyisége limitálja a mikrobiális produkciót. A foszfor igen jól kötődik a talajok agyag frakciójához és a talajjal együtt lepusztulva jelentős mennyiség található belőle e tavak iszapjában.

Hazánkban esetenként bevett gyakorlat az illegális hulladék elhelyezés. A háztartási, kommunális, építési vagy ipari hulladék a szabályozott lerakás, ártalmatlanítás és feldolgozás helyett gyakran a természetben jelenik meg a hulladék. Az illegális elhelyezés szempontjából leginkább frekvenciált helyek a minél könnyebb megközelíthetőség okán az utak közelében vannak. A vízmosságoknak e tekintetben is kiemelt szerepe van. A sített, építési törmelékét előszeretettel helyezik el vízmosságokban azt az ideológiát felhasználva, hogy ezzel meggátolják a vízmosság további mélyülését, hátravágódását, fejlődését. Fokozottan igaz ez a dombokra felvezető mélyutakra, amik vízmosságként is funkcionálnak, azaz időről időre barázdák képződnek a felszínükön (11. ábra).



11. ábra A földút felszínébe vágódó barázda feltárja, esetenként áthalmazza a korábban burkolatként alkalmazott sített.

Ez az eljárás ideiglenesen védelmet nyújthat a felszínnek, hosszabb távon azonban mindenképpen ártalmas. A lerakott törmelék, beton és tégladarabok bomlásuk során oda nem illő, tájidegen alkotókkal szennyezik a környezetet amellyel, hogy esztétikailag is jelentősen rontják a táj értékét. A felszínen lefolyó víz e fedéstől függetlenül ugyanúgy a vízmosságban fog összegyűlni és végigfolyni. A nagy szemcseméretű anyagok között - még ha az esetleges feliszapolódás be is fedi őket - mindig sokkal intenzívebb lesz a víz áramlása, mint a körülötte található részekben. Az itt folyó nagyobb mennyiségű víz képes megbontani a talajt, ami ismét csak bevágódáshoz vezethet. A média által felkapott, 2010 nyarán Somogybabod határában hetek alatt kialakuló óriási vízmosság is a korábban sittel feltöltött, majd földdel befedett vonalas forma nyomvonalán fejlődött ki. A mélyben, a durvább szemcséjű feltöltés mentén

kialakuló és egyre növekvő szuffúziós járat csak akkor vált láthatóvá, amikor egy nagyobb eső alkalmával beszakadt, ezzel percek alatt hatalmas sebet ütve a felszínen.

Az esetek jelentős részében azonban kommunális hulladék kerül a vízmosásokba. A vízmosások aljába öntött, gyakran veszélyes anyagokat is tartalmazó hulladék ugyan nincs szem előtt, hatása azonban közvetlenül jelentkezik a közeli településen. A vízmosások többnyire a falu feletti domboldalak aljában végződnek, a belőlük kifolyó vizek közvetlenül a falut terhelik. A kommunális hulladékokkal feltöltött vízmosás alján az áthaladó víz mobilizálhatja az ott bomló veszélyes anyagokat (pl. szerves oldószerek, nehézfémek, bomló szerves anyagok, peszticidek stb.) és a faluba szállíthatja őket. Így végső soron a hulladék visszakerül a keletkezési helyére, azonban már időzített bombaként, kontrollálhatatlan formában.

A vízmosások egyik legfontosabb tulajdonsága, hogy közvetlen környezetüknél mélyebben helyezkednek el, következésképpen nedvesebbek is az eredeti felszínnél. A nedvesebb mikroklimának különösen szárazabb körülmények között van hatása az élővilágra (PALMER G. C. – BENNETT A. F. 2006). A mélységből fakadó előnyöket sok állat kihasználja. A vonalas erózió hatására keletkező meredek lösz falak kiváló fészkelő helyül szolgálnak olyan üregben költő madarak számára, mint a gyurgyalag vagy a parti fecske (12. ábra). Szintén a koncentráltan lefutó vizek által feltárt porózus kőzetet választják lakóhelyül a róka és a borz. Löszbe, vagy más porózus kőzetbe vágódott vízmosásokban nagyon gyakran találkozhatunk az általuk készített várak kijárataival.

A kompakt kőzetekbe sokkal lassabban vágódik bele a vízmosás, de a folyamat itt is lejátszódik. Az így kialakuló, alulról és felülről egyaránt elérhetetlen peremek, hasadékok kiváló fészkelő helyül szolgálnak jó néhány ragadozó madár számára.

A megnövekedett nedvességtartalom, a lecsökkent besugárzás és szél hatására a vízmosásoknak speciális mikroklimája lehet, amit az élőlények jelentős része megpróbál kihasználni. Az intenzíven művelt mezőgazdasági tájban egy - már nem művelhető vízmosás - bázisa lehet a biodiverzitás fenntartásának (TÓTH A. – SZALAI Z. 2007). Ha nagyon nagy kiterjedésű, tömbösített, sőt monokultúrában művelt területről van szó a vízmosás miatt felhagyott terület jelentősen felértékelődik. Jellemzően hosszanti kiterjedése miatt egyes fajok számára ökológiai folyosóként, másoknak lépőkőként funkcionálhat.



12. ábra Porózus kőzetbe vágódott vízmosások gyakran nyújtanak otthont üreglakó állatoknak

A vonalas erózió gazdasági hatásai

A mezőgazdasági művelésnél a gazdasági hatékonyság a fő cél. Pusztán a jövedelem maximalizálásának szempontjából arra kell törekedni, hogy a rendelkezésre álló területek minden négyzetméterre művelve legyen (lehetőleg folyamatosan a legnagyobb hasznot hajtó növényvel), a munka és erőgépek folyamatosan hasznosuljanak, vagyis ne legyenek „üresjáratok”. Intenzív, nagyüzemi mezőgazdasági művelést összefüggő területen végeznek, melyen nagy területen nincs szabályozott, felszíni vízelvezetés. A nagyobb esők után bevágódó barázdák letüntetése még nem jelentkezik közvetlen költségnövekedésben, a területről eltávozó nagy tápanyagtartalmú talaj pedig csak hosszú távon okoz veszteséget. Ha azonban egy vízmosás olyan mértékben szabdalja fel a felszínt, hogy az már nem művelhető sokkal gazdaságatlanabbá válik a termelés, hiszen egyrészt a vízmosás által elfoglalt terület kiesik a művelésből, másrészt e szabálytalan alakú terület kerülgetése több, haszontalan fordulót okoz a traktornak ezzel pedig megnövekszik az üzemanyag költség.

Az előző fejezetben a mozaikosság és a biodiverzitás növekedése egyértelműen pozitív hatásokként tűntek fel, azonban a gazdálkodó szempontjából a vízmosás megjelenésének biológiai értelemben is vannak hátrányai. A felhagyott területek növekedésével jelentősen megnövekszik a szántóterületek és az egyéb vegetáció közvetlen érintkezési sávja ami fokozódó szegélyhatást eredményez. A szegélyhatás a legtöbb esetben terméscsökkenést okoz a tábla szélein. A vízmosásokban, vagy közvetlen környezetükben megtelepedő növények fertőzési gócot jelenthetnek mind a gyomnövények, mind a mikrobiális, illetve rovar kártevők szempontjából. A napjainkban szinte kizárólagosan alkalmazott vegyszeres növényvédelem csak úgy hatékony, ha a kultúra egészét érinti. A kezelésből kimaradó vízmosásokban meghúzódó gyomok és kártevők e központokból kiindulva újra fertőzhetik a táblát.

A viszonylag csekély lejtésű, vízmosásokkal szabdaltságot mutató területen a kis parcellákon, gyors reakció idővel lehet reagálni az erózió pillanatnyi változásaira, és akár kézi erővel is jelentős beavatkozás tehető.

A vízmosások és általában az erózió által okozott veszteségek csak akkor kompenzálhatóak, ha területegységre vetítve a bevétel jóval meghaladja az átlagos szántóföldi kultúrák értékét. Ez a helyzet a jellemzően meredek hegyoldalakra települt ültetvények esetében, ahol jelentős befektetés mellett, csekély területről is nagy értékű termést lehet betakarítani (pl. szőlőkultúrák). E területeken már csak a gazdasági szempontokat tekintve is érdemes áldozni a talajvédelemre illetve a vízrendezésre, hiszen ha a vízmosások hossza – és

ezzel összefüggésben szélessége és mélysége – eléri a kritikus értéket, akkor a terület művelhetősége megszűnik és szinte „csak” erdőként hasznosítható. A már erősen felszabdalt területeken a mesterséges vonalas elemek (utak, árkok, vezetékek) elhelyezése is sokkal nehezebb és költségesebb, illetve fenntartásuk is drágább.

A vonalas erózió eddig tárgyalt káros hatása mellett létezik egy olyan vonatkozás is, mely nem közvetlenül a bevágódás helyén okoz problémát, hanem attól kisebb-nagyobb távolságban. Ezt nevezik területen kívüli hatásnak. A vízmosások esetében ez leginkább a hordalék lerakódásában nyilvánul meg. Az esetek jelentős részében a hordalék többsége a vízmosás kifolyásánál a hordalékkúpon rakódik le. Ez időszakos vízmosások esetében a bevágódás helyszínéhez hasonlóan szintén szántóföld területére esik. A szántó egészét tekintve tehát nem történt változás, azonban a terület egy részéről eltűnt a tápanyagban gazdag feltalaj ezzel a csupasz kőzetet hozva a felszínre más részén a hordalék betemette a fejlődő kultúrnövényt, illetve az értékes eredeti feltalajt is (13. ábra).



13. ábra A hordalékkúp által betemetett kukorica.

Ha a hordalék nem áll meg szántóföldön belül, akkor a területen kívüli hatások is sokkal jelentősebbek lehetnek. Az elragadott talaj feltölti a víztározókat, kiszorítja a vizet a völgyzáró gátas tavakból, illetve eutrofizációt okoz. A közelmúltban egyre gyakrabban fordul elő, hogy nagymennyiségű hordalék éri el, sőt fenyeget az emberi infrastruktúrát is. A vízmosások által koncentrált lefolyás képes megbontani utakat, vasutak alapjait, elmosni, vagy földdel eltemetni műtárgyakat, sőt közvetlenül lakóházakat is veszélyeztetni. Ezek a hatások

már jóval túlmutatnak az egyéni gazdálkodó „a károkozó fizet” elvén, itt az egész közösségnek kell vállalnia a külterületek felelőtlen hasznosításának következményeit.

Általánosságban kijelenthetjük, hogy a vonalas erózió gazdasági megítélésénél meglehetősen ellentmondásos, sok szemszögből vizsgálható problémával állunk szemben. Gazdaságilag nehezen mérhető ökológiai előnyök állnak szemben egyes gazdálkodók pillanatnyi érdekeivel, számokban nem kifejezhető közösségi érdekek sikkadnak el a gazdaságossági kimutatások mögött. A következetes és átlátható szabályozási keretek, valamint a több évre előre tervezhető, stabil viszonyok megléte feltehetően e téren is jelentős javulást okozna.

Mérési lehetőségek

Az eróziós mérések alapján lehet a talajvesztesség mennyiségét számszerűsíteni, ezért a lehordott talaj mérésének igénye már régen felmerült. Sokáig nem látszott szükségesnek a felületi rétegerózió és a vonalas erózió elkülönítése azonban a folyamatok eltérő volta illetve a talajvédelmi prioritások meghatározása megkövetelte a részletes adatfelvételt. A méréstechnika fejlődésével az eszközök egyre kifinomultabbakká váltak, az eredmények egyre megbízhatóbbak lettek.

A speciálisan vonalas erózióra szakosodott mérések egyik válfaja a vízmosságok méreteinek nyomon követése az időben. A rövidebb távú, vizsgálatok során a mélység, szélesség paraméterek határozzák meg és a változások alapján becslik a növekedési ütemet. A hosszabb távú vizsgálatokban már a távérzékelési adatok (légifotó, űrfelvétel stb.) elemzésével határozzák meg az egyes formák hosszúnövekedését. Az eső-szimulátorok alkalmazása a felületi rétegerózió vizsgálatán túl már a vonalas erózió mérésében is teret hódított (CHAPLOT S. et al. 2001). A hordalékban mérhető nyomjelzők vizsgálatával megállapítható, hogy az adott hordalék feltalaj (felületi rétegerózió) vagy altalaj (vonalas erózió) eredetű-e. A leggyakoribb nyomjelző anyagok a (^{137}Cs) , a C:N arány és a szerves anyag tartalom (JAKAB G. et al. 2009, SAMANI A. N. et al. 2011). A mérési lehetőségekről és a hazánkban végzett vizsgálatokról részletes áttekintést közölt JAKAB G. (2005, 2006, 2009).

A védekezés lehetőségei, rekultiváció

A talajerózióval szembeni védekezés leghatékonyabban nem a lokális tünetek helyi kezelésével, hanem komplex szemléletű, az egész vízgyűjtő területre kiterjedő hidrológiai,

talajtani és meliorációs tervezéssel valósítható meg. Következésképpen a vonalas erózióval szembeni védekezés is részét kell, hogy képezze egy, a talajpusztulás egészére vonatkozó elgondolásnak, amit csak egy teljes hidrológiai egységre lehet okszerűen és hatékonyan kidolgozni.

A védekezés alapelve, hogy a csupasz talaj felszínén nem szabad olyan mennyiségű vizet összegyűlekezni, majd lefolyni hagyni, amely már képes a talajszemcséket is magával ragadni. E cél alapvetően két féle módon valósítható meg:

- a felszíni lefolyás kialakulásának gátlásával,
- a mégis lefolyó víz szabályozott levezetésével.

Ahhoz, hogy a lehullott víz egésze beszivárogyon a talajba, elsősorban a talajfelszínen kell olyan növényzeti borítást biztosítani, amely megátolja a felületi lefolyás kialakulását. Beállt, egészséges erdők alatt - legyen a lejtés akár extrém nagyságú - nem jellemző a felszínen lefolyó víz. A lehulló esőcseppek kinetikai energiáját a lombkorona és az esetleges cserje szint megtöri, így a felszínre már szinte energia és ütőhatás nélkül érkezik a víz. A talajt fedő, vastag avar réteg óriási felülete miatt szivacsként viselkedik, nagyon nagy mennyiségű vizet képes magában tartani, illetve védi a talajt a kiszáradástól (DLAPA P. et al. 2012).

Aktívan művelt területek esetében nehéz az erdőhöz hasonló, több szinten is száz százalékban fedett felszínt biztosítani a talajon, hiszen a talajművelés általában része az agrotechnikának. A meredek, erősen veszélyeztetett területeken javasolt a folyamatos növényzeti borítás, amit legtöbbször legelőként vagy kaszálóként hasznosított lágyszárú vegetációval oldanak meg. Gondot okozhat, a művelt meredek térszínnek – jellemzően szőlő vagy gyümölcsös ültetvények – lefolyás elleni védelme, hiszen e helyeken nincs mindig lehetőség a füvesítésre. E területeken is alkalmazott módszer az erdők avartakarójához hasonló borítás mesterséges kialakítása, a mulcsozás. A mulcs viszonylag kevésbé bomlott, lágyszárú, holt növényi maradványokból készül, a talajfelszínre terítve gyakorlatilag az avartakaró szerepét tölti be. (14. ábra) Összetétele a közelben leggazdaságosabban felhasználható kaszálék, vagy szántóföldi melléktermék (pl. szalma) függvénye. Alkalmazása során figyelembe kell venni, hogy a mulcs nagy nedvességmegőrző képessége miatt megnövekedhet az állomány gombás fertőzésének lehetősége. A mulcs az esőcseppek ütőhatásán és a nedvesség visszatartásán túl növeli a talaj szerves anyag tartalmát, ami jótékony hatással van a tápanyagtartalomra és a szerkezetességre is. Védelmet nyújt a kelő gyomok jelentős részével szemben, ugyanakkor nem gátolja a talajművelést. A mulcs

alkalmazásának talajvédelmi szempontból elsősorban meredek, de csekély fedettségű területeken van kiemelt jelentősége.



14. ábra A mulcs alkalmazása jellemzően száraz vagy meredek és fedetlen felszíneken megszokott eljárás, de szántóföldön is alkalmazható (<http://oe.confolio.org/scam/31/resource/305>).

Szántóföldi művelés alatt szintén alapvető jelentősége van a talajfelszín borításának. Ez esetben a talajt közvetlenül fedő holt szerves anyag csak időben és térben korlátozottan alkalmazható, vagyis a nagy felületű víztároló réteg egységes kialakítása nehezebb (BÁDONYI K. et al. 2008). A borítást az élő növények levelei adják, ami a cseppek energiájának megtörésére alkalmas, de a felszínen rekedő, talajba szivárogni képtelen víz megtartására már sokkal kevésbé. Habár a jól fejlett kultúrnövények gyökérzete javítja a talaj szerkezetességét és állékonyságát, ritka térállású kultúrákban száz százalékos fedettség mellett is kialakulhat jelentős lefolyás és talajvesztés. A fedettség mértéke fordítottan arányos a lefolyás és a talajvesztés mennyiségével, tehát a növényi sorrend tervezésekor törekedni kell a minél rövidebb fedetlen talajfelszín kialakítására. Különösen fontos, hogy a területre jellemző, legnagyobb intenzitással lezúduló heves felhőszakadások idején legyen minél nagyobb zöldtömeg a táblán. Talajvédelmi szempontból ezért van kiemelt jelentősége a

zöldtrágyák alkalmazásának. A learatott és hasznosított kultúrnövények tenyészidőszakán kívül a táblát gyors növekedésű, nagy zöldtömeget adó, esetenként a légköri nitrogénkötést is felhasználó kultúrával vetik be, mely egyaránt véd az erózió és a szélsőséges vízgazdálkodás ellen. Az újabb kultúrnövény vetését megelőzően a fejlődött vegetáció egészét bekeverik a talajba, ami a mulcshoz hasonlóan szerves kötő, vagyis elhúzódo hatású tápanyag utánpótlást jelent és ismét csak javítja a talaj strukturáltságát.



15. ábra A csepperózió hatására kérgesedett talajfelszín napraforgó táblán. A hulló cseppek által szétiszapoló talajrétegek vízzáró réteget alkotnak a felszínen, amelybe barázda vágódik.

Szintén a talaj szerkezetességét hivatott javítani a talajművelés is. A nagyobb és ellenállóbb porüsterek több víz befogadását és tárolását teszik lehetővé, ami nem csak az erózió elleni védelemben játszik kulcs szerepet, hanem nagyságrendekkel csökkentheti a tenyészidőszak vége felé esetlegesen jelentkező aszálykárok mértékét. A művelés azonban nem okoz feltétlenül javulást a talaj szerkezetességében. Ha a beavatkozást nem megfelelő nedvességtartalmú talajon végzik el, akkor a szerkezet létrehozása helyett a meglévő szerkezet rombolása is bekövetkezhet (BÁDONYI K. et al. 2008, MADARÁSZ B. et al. 2011). A

túl száraz talajokat a művelés elporosíthatja, jelentősen megnövelve ezzel a defláció (LÓKI fejezet) veszélyét. A túl nedves, nagy agyag tartalmú talajokon csak elkeni a talaj alkotórészeit anélkül, hogy tartós szerkezetet hozna létre.

Az ily módon elemi alkotóra hullott talaj az első csapadék hatására összetömrődik, az apró szemcsék a még megmaradt pórusokba szivároghatva feltöltik azokat és egy szerkezet és porozitás nélküli tömődött felületi réteget alkotnak, ez a talajkéreg (15. ábra). A kéreg minden eső hatására egyre tömörebbé válik és szélsőséges esetben akár vízzáróvá is teheti a felszínt (MADARÁSZ B. et al. 2011).



16. ábra Lejtésirányba futó keréknyomból kifejlődő barázda szántóföldön.

További lehetőség a felszíni lefolyás megakadályozására, ha a talajba beszivárogni képtelen vizet a felszínen próbáljuk megőrizni, vagy legalábbis a gyors lefolyásban meggátolni. Ezen megoldásnak széles körben ismert - de nem feltétlenül alkalmazott - eljárása a lejtésre merőleges művelésirány. A lejtésirányban húzódnó vonalas formák, még ha csak néhány centiméter mélyek is, a hevesebb esők hatására gyorsan bevágódnak. Ezen jelenség tipikus

megnyilvánulása a keréknyomból kialakuló barázda, majd vízmosás, mely nem csak a földutakat fenyegeti (16. ábra).

A lejtésre merőleges művelés esetén elméletben a művelő eszköz által kialakított barázdák apró gátként viselkednek és jelentős mennyiségű vizet tartanak meg a felszínen. A művelésirányt azonban a legtöbb esetben nem a lejtés iránya szabja meg, hanem a tábla kialakítása. Ahhoz, hogy a traktor a legnagyobb kihasználtsággal dolgozhasson, minimalizálni kell a tábla végi fordulók számát, hiszen itt nincs hasznos munkavégzés. Ha a táblát a hosszabbik oldala mentén művelik, sokkal kevesebb fordulóra van szükség, mintha a rövidebb oldallal párhuzamosan dolgozna a gép, vagyis javul a hatékonyság. Ezért talajeróziós szempontból kimondottan káros a domboldalra felfutó, „nadrágszíj parcellák” megjelenése, hiszen ezeket minimális (gyakran csak néhány méteres) szélességük miatt csak lejtés irányban lehet művelni.



17. ábra Összetett lejtők esetében lejtésre csak majdnem merőleges művelésirány is okozhat vonalas eróziót.

A gyakorlatban azonban meglehetősen ritka a tökéletesen egyenes és egyenletes lejtő. A lejtés iránya pontról-pontra változik, a lejtőbe kisebb völgykezdemények, dellék vágódnak. Ebben az esetben a fő lejtésirányra merőleges művelés csak részben gátolja a víz lefolyását, hiszen a művelésnyomoknak is lesz valamekkora lejtése, mely a dellék alá vezet a vizet. A dellék alján megjelenő többlet víz lejtőirányba folyik le, bevágódik, így időszakos vízmosást hoz

létre. Ekkor a művelő eszköz nyomán a víz nemhogy megőrződne a területen, hanem rajtuk keresztül távoli területekről is az időszakos vízmosásba, majd onnan a vízgyűjtőn kívülre folyik (17. ábra).



18. ábra A szintvonal menti művelés jelentősen csökkenti a felszíni lefolyás mennyiségét.
(<http://cottontoday.cottoninc.com/natural-resources/soil/>)

A művelésirány meghatározását tehát nem csak az egységes, fő lejtésirányt figyelembe véve, hanem a domborzat finom változásait is folyamatosan követve kell elvégezni. Ezáltal a ténylegesen lejtésirányban művelt parcellákon a sorok nem egyenesek, hanem pontosan követik a szintvonalakat (18. ábra). A szintvonal menti művelésnél tehát az egyes soroknak nincsen lejtése, így a vízviisszatartás sokkal hatékonyabb. A művelésirány folyamatos változásából adódóan ugyanakkor a tábla alakja is változik, nagyobb terület esik ki a művelésből. A legfőbb probléma azonban az, hogy a szintvonalak futását képtelenség a traktor volánja mögött ülve tökéletesen követni, erre az emberi érzékszervek nem alkalmasak. Ez az eljárás a *precíziós mezőgazdaság* része, ahol az erőgépeket egy műholdas helymeghatározó rendszeren alapuló számítógép vezérli. A táblától rendelkezésre álló domborzati és talajadatok alapján nem csak tökéletesen vízszintes útvonal tervezhető, hanem

pl. minden egyes négyzetméterre egyedi mennyiségű, a talaj állapotától függő trágya adagolása is. A rendszer hatékonysága nagyon nagy, azonban a szükséges infrastruktúra óriási költségei miatt még a jóléti államokban sem általános.

Akármennyire is gondosan tervezett az agrotechnika egy vízgyűjtőn, a felszíni lefolyást nem lehet teljesen kiküszöbölni, tehát a cél a lefolyó víz olyan keretek közé szorítása, melyben nem képes megbontani a talajfelszínt. Egy heves csapadék hullásakor a vízválasztótól lejtés irányában haladva fokozatosan növekszik az adott pontban mérhető, lefolyó víz mennyisége, ahogy e vizsgált ponton egyre nagyobb területről érkező vízmennyiség folyik át. A szabályozott vízelvezetés alapelve, hogy a felszínen folyó vizet még azelőtt össze kell gyűjteni, hogy átlépne a kritikus értéket. Ezt az értéket általában távolságban adják meg és kritikus lejtőhossznak nevezik. Értéke sok, folyamatosan változó paraméter függvénye (lejtés, víznyelés, vízáteresztés intenzitása, felszíni érdesség, növényzeti fedettség stb.) vagyis a gyakorlatban inkább csak nagyságrendileg becsülhető. E kritikus távolság ismeretében a felszínre vízlevezető árkokat terveznek, melyek összegyűjtve a felszíni lefolyást csekély, de folyamatos esés mellett vezetik el a vizet. Az erózió meggátlásának legegyszerűbb módszere a szabályozott, alacsony lejtés és/vagy az árok fenekének és oldalainak burkolása. E burkolás nem jelent szükségszerűen komoly műszaki beavatkozást, esetenként elég e vízlevezető gyepesítése. Ezt a megoldást nevezik gyepes vápának. Ekkor az árok is inkább csak egy tál keresztmetszetű sekély delfi, ami azonban kiválóan alkalmas koncentrált vizek biztonságos elvezetésére. A gyepes vápák alkalmazása a leghatékonyabb eszköz az időszakos vízmosások fejlődésének megállításában (19. ábra).



19. ábra A szántóföldön kialakuló időszakos vízmosás elleni védekezés leghatékonyabb módszere a gyepes vápa kialakítása. Az időszakos vízmosás a kép jobb oldalán egy több mint 10 méteres leszakadással folytonos vízmosásba megy át.

A szántóföldeken folyamatosan bevágódó időszakos vízmosások közvetlen, 2–3 m széles környezetének füvesítése azonban csak akkor hozza meg a kívánt eredményt, ha a kialakításon túl folyamatos karban is tartják. Ez minden egyes talajművelési eljárás során többlet figyelmet kíván a traktor vezetőjétől, hiszen a gyepsáv széléhez érve ki kell emelni a művelő eszközt, illetve gondoskodni kell a gyepterület folyamatos kaszálásáról és a gyomosodás elkerüléséről is.

A hegyoldalon a szintvonalakkal többé-kevésbé párhuzamosan vezetett csekély esésű árkokat azonban le kell vezetni lejtés irányában is. Ezeken a meredek szakaszokon szükséges a meder tényleges (beton, kő, stb.) burkolása és általában egyéb eséscsökkentő és energiatörő műtárgyak megépítésére is szükség van. A fenéklépcsők, surrantók tervezése és építése komoly hidrológiai feladat, melynek jelentős költségei vannak. Mindaddig, amíg törvényileg nem pontosan tisztázott, hogy ki és milyen mértékben felelős a külterületi vízrendezés hiányából adódó károkért e költségeket senki nem vállalja szívesen.

A már kialakult vízmosások esetében az elsődleges feladat a további mélyülés, hátravágódás megállítása. Ez megoldható, ha a vízmosásba hordalékfogó gátakat telepítenek (20. ábra). A gátak mögött lerakódó nagy nedvességű hordalék kiváló dagonyázó helyként is funkcionálhat, míg a gátakon átlépő csökkent energiájú víz már nem képes bevágódni (KALICZKA L. – RAKK T. 2000). A hordalékfogók készülhetnek kőből, betonból vagy fából. Kevésbé intenzív vízfolyások esetén szalmabálák alkalmazása is szóba jöhet a hordalék szűrésére, bár ez a módszer csak időleges megoldást nyújt. A hordalékfogók építését nagyon körültekintően kell végezni, mert a víz könnyen megkerülheti őket, azonban még ha jól működnek is - előbb utóbb feltelnek - ezáltal a védelem megszűnik. A feltelt gátak mögötti területet vagy folyamatosan tisztítani kell, vagy újabb gátakat kell építeni a vízmosásba. Egyszerűbb megoldás, ha a felszíni lefolyást azelőtt összegyűjtjük, mielőtt belépne a vízmosásba. Ha a vízmosásban nincs mozgó víz, a fejlődése is megáll.



20. ábra Vízmosásba épített hordalékfogó gátak.

A nagyobb mélységű formák rekultivációja nagyon költséges. A vízmosások feltöltése legtöbbször az oldalfalak bedöntésével történik. Esetenként, ha van elérhető közelségben nagyobb humusztartalmú feltalaj, akkor ezzel fedik a sebet. E helyreállítási munka csak értékes területek esetében valósul meg, azonban ott is csak abban az esetben eredményes, ha megelőzi a terület vízrendezése. Ha a kialakulás okát, vagyis a területről összegyülekező nagymennyiségű vizet nem sikerül megszüntetni, a vízmosás újra kialakul.

A legolcsóbb megoldás tehát a megelőzés, ami viszont egyáltalán nem látványos folyamat, így reklámozni is nagyon nehéz neki csinálni. A hetek alatt megnyíló földnek sokkal nagyobb hírértéke van, ezért a védekezés a megelőzés helyett jellemzően a kárelhárításban merül ki.

Jövőbeni kilátások

A közelmúltban egyre gyakrabban számol be a média hetek alatt szakadékká mélyülő vízmosásokról, a hegyekről lefutó vizek által elmosott utakról, vasutakról, épületekbe betörő „sárlavinákról” és egyéb, a vonalas erózióhoz szorosan kötődő káreseményekről. E hírek megszorodásának csak részben oka a média egyre fokozódó szenzációéhsége, tagadhatatlan, hogy a közelmúlt megszorodó szélsőséges időjárási eseményei (BARTHOLY J. – PONGRÁCZ R. 2005) a talajpusztulás terén is szélsőséges reakciókat váltottak ki.

A vonalas erózió előrejelzésének lehetőségei

Gazdasági és környezetvédelmi szempontból egyaránt kiemelt jelentőségű feladat a vonalas erózió megjelenésének, illetve ütemének előrejelzése. Csak akkor lehet megalapozott és hosszútávon is jól működő stratégiát felállítani, ha a döntéshozó tisztában van döntésének várható következményeivel. A mezőgazdasággal (LEHOCZKI R. et al. 2011), erdőszettel, természetvédelemmel, hidrológiával, területi szabályozással kapcsolatos jogalkotásnak közvetlen hatása van a talajvédelem egészére, illetve ezen belül a vonalas erózióval kapcsolatos problémakörre is. Ahhoz, hogy e döntéseket felelősséggel lehessen meghozni, az egyes intézkedések várható hatását megpróbálják számszerűsíteni, azaz modellezik a folyamatot (PODMANICZKY L. et al. 2011). Minél több hatótényezőt kell figyelembe venni egy folyamat pontos leírásához, annál komplexebb témával állunk szemben, következésképp annak modellezése is egyre nehezebb. További probléma, hogy a hatótényezők számának emelkedésével jelentős mértékben növekszik az egyes tényezők közötti interakció, vagyis a végeredmény nem egyezik meg az egyes folyamatok eredőjével. A talaj komplex és

folyamatosan változó összetételéből fakadóan nagyon nehezen leírható rendszer, a benne vagy rajta lejároló folyamatok modellezése pusztán elméleti megközelítés alapján nem lehetséges. Ezért a fizikai, kémiai és biológiai törvények alkalmazásán túl legalább ekkora szerep jut a tapasztalati összefüggések használatának. Ha egy parcellán sok éven keresztül megmérjük az évenkénti talajvesztés értékét, kellő számú adat birtokában jó közelítéssel becsülhetjük az adott talaj erodálhatóságát. Ez az érték úgy jellemzi a talajt, hogy mit sem tudunk az abban lejátszódó folyamatokról, egyszerűen a mért, tapasztalati értékekből származtatható. Megbízhatósága esetenként jobb, mint a fizikai kémiai egyenletek segítségével az egyes részfolyamatok leírásán alapuló becsléseknek. Óriási problémája ugyanakkor, hogy komoly idő és pénzráfordítás (mérésorozatok) szükséges az adott körülmények közötti felszín erodálhatóságának meghatározására. Ha azonban a terület egy vagy több jellemzője (növényborítás, lejtőhossz, csapadék stb.) megváltozik, az összefüggés (modell) már nem képes a folyamatot leírni. Ebből következik, hogy csak tapasztalati modellek alkalmazásával nem lehet a talajpusztulás folyamatát térben és időben komplex módon leírni, hiszen ennek megvalósításához elképzelhetetlen tömegű mérésre, illetve mért adatra lenne szükség. Mindezek ellenére a felületi rétegerózió modellezése elég intenzíven fejlődő tudományág, jelen pillanatban több mint tíz, európai körülmények között is alkalmazható erózióbecslő modell áll ingyenesen rendelkezésre az érdeklődő szakemberek, gazdák, területfejlesztők stb. számára. E modellek rengeteg előnye mellett jelentős hátrány, hogy a vonalas eróziót általában csak korlátozott mértékben képesek becsülni. A vonalas erózió várható hatásainak számszerűsítésére külön modelleket alkottak meg, amelyek elég jó közelítéssel becslik adott terület vízmosások általi fenyegetettségét (SIDORCHUK A. 1999). Jelentős probléma azonban a felületi rétegerózió és a vonalas erózió együttes megjelenésének hatásait számszerűsíteni. E tekintetben egyelőre nincs kielégítő megoldás, azonban az egyre nagyobb tömegű mért adat segítségével, illetve a számítási kapacitás jelentős bővülésével nagyon gyors fejlődésnek vagyunk tanúi.

Irodalomjegyzék

- BÁDONNYI K.–MADARÁSZ B.–KERTÉSZ Á.–CSEPINSZKY B. (2008): Talajművelési módok és a talajerózió kapcsolatának vizsgálata zalai mintaterületen. Földrajzi Értesítő 57. 1–4. pp. 147–167.
- BÁRCZI A.–CENTERI CS. (2005): Az erózió és defláció tendenciái Magyarországon. In: Stefanovits, P. (szerk.): A talajok jelentősége a 21. században. Magyarország az

ezredfordulón. Agrárium. Stratégiai kutatások a Magyar Tudományos Akadémián. p. 221–244.

BARTHOLY J.–PONGRÁCZ R., (2005): Tendencies of Extreme Climate Indices Based on Daily Precipitation in the Carpathian Basin for the 20th Century. *Időjárás*. 109, p. 1–20.

BERGONSE R.–REIS E. (2011): Theoretical constraints to gully erosion research: time for a re-evaluation of concepts and assumptions? *Earth Surface Processes and Landforms* 36(11): 1554–1557 DOI: 10.1002/esp

CENTERI CS. (2002): A talajrodálhatóság terepi mérése és hatása a talajvédő vetésforgó kiválasztására. *Növénytermelés*. 51(2): 211–222.

✓ CENTERI CS.–AKÁC A.–JAKAB G. (2012): Land Use Change and Soil Degradation in a Nature Protected Area of East-Central Europe. In: AUBRECHT, C. SERGIO FREIRE, S., STEINNOCHERPP, K. Land Use: Planning, Regulations, and Environment. NOVA Science Publisher, New York, pp. 211–241

CENTERI CS.–HERCZEG E.–VONA M.–BALÁZS K.–PENKSZA K. (2009): The effects of land-use change on plant-soil-erosion relations, Nyereg Hill, Hungary. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 172(4): 586–592.

CENTERI CS.–KRISTÓF D.–EVELPIDOU N.–VASSILOPOULOS A.–GIOTITSAS I.–VARVARIGOS G. (2011): Soil erosion risk and sediment transport within Paros Island, Greece. In: FOURNIER, A. J. (ed.) *Soil Erosion: Causes, Processes and Effects*. NOVA Science Publisher, New York, pp. 219–234.

CENTERI CS.–PENKSZA K.–MALATINSZKY Á.–PETŐ Á.–VONA M. (2010): Potential effects of different land uses on phosphorous loss over the slope in Hungary. *Proceedings of the 19th World Congress of Soil Science (Published on DVD)* p. 74–77.

CHAMIZO S.–STEVENS A.–CANTON Y.–MIRALLES I.–DOMINGO F.–VAN WESEMAEL B. (2012): Discriminating soil crust type, development stage and degree of disturbance in semiarid environments from their spectral characteristics. *European journal of soil science* 63(1), 42–53. DOI: 10.1111/j.1365-2389.2011.01406.x

CHAPLOT V. ET ALL. (2011): Rainfall simulation to identify the storm-scale mechanisms of gully bank retreat. *Agricultural Water Management* 98. 1704–1710

DLAPA P.–CHRENKOVÁ K.–MATAIX-SOLERA J.–ŠIMKOVIC I. (2012): Soil profile improvement as a by-product of gully stabilization measures. *Catena* 92. 155–161.

FARSANG A.–KITKA G.–BARTA K.–PUSKÁS I. (2012): *Estimating element transport rates on sloping agricultural land at catchment scale (Velence mts., NW Hungary)* *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences* 7(4), 15–26.

FARSANG, A.–KITKA, G.–BARTA, K. (2011): *Mezőgazdaságilag hasznosított kisvízgyűjtők talajeroszióhoz kötődő elemdinamikája*. Talajvédelem különszám: 339–349.

GÁBRIS GY.–KERTÉSZ Á.–SÓLYOM P.–ZÁMBÓ L. (2000): Ravine and gully erosion in the hilly headwater areas of Hungary. In: Haigh, M. J. – Krecek, J. (eds.) *Environmental reconstruction in Headwater Areas*. Kluwer Academic Publishers Dordrecht, NL, pp. 137–145.

GÁBRIS GY.–KERTÉSZ Á.–ZÁMBÓ L. (2003): Land use change and gully formation over the last 200 years in a hilly catchment. – In: CATENA 50. pp. 151–164.

HEGEDŰS K.–HORVÁTH G.–KARANCSEI Z.–PRAKFAI P. (2008): Eróziós vizsgálatok a Medves-vidék egy homokkőszurdokában. *Földrajzi Közlemények* 132(2): 157–173.

JAKAB G. (2005): A vonalas erózió megjelenési formái és kártétele vízgyűjtő léptékben. *TÁJÖKOLÓGIAI LAPOK* 3(1): 193–194.

JAKAB G. (2006): A vonalas erózió megjelenésének formái és mérésének lehetőségei. *Tájökológiai Lapok* 4(1): 17–33. In Hungarian with English abstract

JAKAB G. (2008)a Természeti tényezők hatása a talajpusztulás vonalas formáinak kialakulására PhD értekezés, Bp, MTA FKI, pp. 109

JAKAB G. (2008)b Vízmosások tájformáló szerepe In: CSIMA P, DUBLINSZKI-BODA B. (szerk.) *Tájökológiai kutatások: a III. Magyar Tájökológiai Konferencia kiadványa Budapest, Magyarország, 2008.05.08–2008.05.10. Budapesti Corvinus Egyetem, p. 50. (ISBN:978-963-503-387-4)*

JAKAB G.–KERTÉSZ Á.–PAPP S. (2005): Az árkos erózió vizsgálata a Tetves-patak vízgyűjtőjén *FÖLDRAJZI ÉRTESÍTŐ - HUNGARIAN GEOGRAPHICAL BULLETIN* 54(1–2): 149–165.

JAKAB G.–MADARÁSZ B.–ŐRSI A.–SZALAI Z. –KERTÉSZ Á. (2011): Gullies of two Hungarian regions - a case study. *FÖLDRAJZI ÉRTESÍTŐ - HUNGARIAN GEOGRAPHICAL BULLETIN* 60:(4) pp. 325–342.

JAKAB G.–MADARÁSZ B.–SZALAI Z.–ŐRSI A.–KERTÉSZ Á. (2012)a: A vonalas erózió talajtani vonatkozásai. In: BERTÓTI R.D., DOBOS E. (szerk.) *Talajtani Vándorgyűlés: talajtan a mezőgazdaság, a vidékfejlesztés és a környezetgazdálkodás szolgálatában*. Miskolc, Magyarország, 2012.08.23–2012.08.25. Z-Press Kiadó, p. 49.

JAKAB G.–MADARÁSZ B.–SZALAI Z. (2009) Gully or sheet erosion? A case study at catchment scale. *Hungarian Geographical Bulletin* 58(3): 151–161

JAKAB G.–ŐRSI A.–MADARÁSZ B.–SZALAI Z.–KERTÉSZ Á. (2012)b: Hegy- és dombvidéki kistájak vízmosásai In: BLANKA V (szerk.) *Kockázat - Konfliktus - Kihívás: A VI. Magyar*

Földrajzi Konferencia, absztrakt kötete. Szeged, Magyarország, 2012.09.05-2012.09.07. p. 77. (ISBN:978-963-306-156-5)

KALICZKA L.–RAKK T. (2000): Vizeinket is védjük erdeinkben. Vízgazdálkodás a HM VERGA Rt. területén. Erdészeti Lapok 135(2): 50–52.

✓KERTÉSZ Á. (1984): The role of deep-cut tracks in linear erosion. Geographycal essays in Hungary Contribution to the International Geographical Congress Paris pp. 47–54.

✓KERTÉSZ Á. (2004) Az árkos erózió felszínalakító szerepe Dél-Afrikában. Földrajzi Értesítő 53/3-4. pp. 213–218.

✓KERTÉSZ Á. (2006): Az éghajlati tényezők szerepe a lineáris erózióban. – Földrajzi Közlemények 130. 3-4. pp. 115–122.

✓KERTÉSZ Á. –CENTERI CS. (2006): Hungary. In.: BOARDMAN, J., POESEN, J. (eds.) Soil erosion in Europe. John Wiley & Sons Ltd. Chichester. pp. 139–154.

LEHOCZKI R. –CENTERI CS. –SONKOLY K. –CSÁNYI S. (2011): Possible use of nationwide digital soil database on predicting roe deer antler weight. Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae, 57, 1, 95–109.

MADARÁSZ B. –KERTÉSZ Á. –JAKAB G. –TÓTH A. (2003): Movement of solutes and their relationship with erosion in a small watershed. In: Nestroy O, Jambor P (szerk.) Aspects of the Erosion by Water in Austria, Hungary and Slovakia, Bratislava: Soil Science and Conservation Research Institute, pp. 99–110.

✓MADARÁSZ B. –BÁDONYI K. –CSEPINSZKY B. –MIKA J. –KERTÉSZ Á. (2011) Conservation tillage for rational water management and soil conservation. Hungarian Geographical Bulletin Vol. 60. No. 2. pp. 117–133.

MARDEN M. (2012): Effectiveness of reforestation in erosion mitigation and implications for future sediment yields, East Coast catchments, New Zealand: A review. New Zealand Geographer 68(1): 24–35

NAGY R. –ZSÓFI ZS. –PAPP I. –FÖLDVÁRI M. –KERÉNYI A. –SZABÓ SZ. (2012): Evaluation of the relationship between soil erosion and the mineral composition of the soil: a case study from a cool climate wine region of Hungary. Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences 7(1), 223–230.

OLIVEIRA M. A. T. (1990): Slope geometry and gully erosion development: Bananal, São Paulo, Brazil. Zeitschrift für Geomorphologie 34/4 pp. 423–434.

PALMER G.C. –BENNETT A. F. (2006): Riparian zones provide for distinct bird assemblages in forest mosaics of south-east Australia. *Biological Conservation* 130(3): 447–457.

PODMANICKY L. –BALÁZS K. –BELÉNYESI M. –CENTERI CS. –KRISTÓF D. –KÖHLHEB N. (2011): Modelling Soil Quality Changes in Europe. An Impact Assessment of Land Use Change on Soil Quality in Europe. Ecological Indicators, 11, 4–15.

POESEN J. –VANWALLEGHEM T. –DE VENTE J. –KNAPEN A. –VERSTRAETEN G. –MARTÍNEZ-CASASNOVAS J.A. (2006): Gully erosion in Europe. In.: BOARDMAN, J., POESEN, J. (eds.) Soil erosion in Europe. John Wiley & Sons Ltd. Chichester. pp. 515–536.

SAMANI A. N. –WASSON R. J. –MALEKIAN A. (2011): Application of multiple sediment fingerprinting techniques to determine the sediment source contribution of gully erosion: Review and case study from Boushehr province, southwestern Iran. PROGRESS IN PHYSICAL GEOGRAPHY 35(3): 375–391 DOI: 10.1177/0309133311401643

SCHWEITZER F. –TINER T. (szerk.) (1996): Nagyberuházások és veszélyes hulladékok telephely-kiválasztásának földrajzi feltételrendszere. MTA Földrajztudományi Kutató Intézet, Budapest, p. 34.

SIDORCHUK, A. (1999): Dynamic and static models of gully erosion. Catena 37. pp. 401–414.

STEFANOVITS P. –FILEP GY. –FÜLEKY GY. (1999) Talajtan. Mezőgazda Kiadó, Budapest

STEFANOVITS P. –VÁRALLYAY GY. (1992): State and management of soil erosion in Hungary. In Proceedings of the Soil Erosion and Remediation Workshop, US – Central and Eastern European Agro-Environmental Program. Budapest, April 27 – May 1 1992, Budapest. 79–95.

2006
SZALAI Z. (1998a): A lépték szerepe a hatótényezők erősségében avagy a nehézfémek elérhetősége hazai hullámtereken. In: KERTÉSZ Á. –DÖVÉNYI Z. –KOCIS K (szerk.) III. Magyar Földrajzi Konferencia: absztrakt kötet.

SZALAI Z. (1998b): Nehézfémek ülepedésének meghatározása talaj- és növényminták elemzésével (Budapest, Háros-sziget). FÖLDRAJZI ÉRTESÍTŐ - HUNGARIAN GEOGRAPHICAL BULLETIN 47:(4) pp. 515–522. (1998)

SZALAI Z. (1998c): Nyomelem-eloszlási típusok természeteshoz közeli állapotú ártéri területek talajaiban és üledékeiben: (A Háros-sziget mintaterület alapján) FÖLDRAJZI ÉRTESÍTŐ - HUNGARIAN GEOGRAPHICAL BULLETIN 47:(1) pp. 19–30. (1998)

SZALAI Z. –JAKAB G. –MADARÁSZ B. (2004): Estimating the vertical distribution of groundwater Cd and Cu contents in alluvial sediments (River Danube) In: Aagard P (szerk.) Proceedings of the International Workshop : Saturated and unsaturated zone : integration of process knowledge into effective models: COST action 629, Fate, Impact and Indicators of Water Pollution in Natural Porous Media.

TORRI D.–POESEN J.–BORSELLI L.–BRYAN R.–ROSSI M. (2012): Spatial variation of bed roughness in eroding rills and gullies. CATENA 90. 76-86 DOI: 10.1016/j.catena.2011.10.004

✓TÓTH A.–SZALAI Z. (2007): Tájökológiai és tájtipológiai vizsgálatok a Tetves-patak vízgyűjtőjén. *Tájökológiai Lapok* 5(1): 131-142. In Hungarian with English abstract

ZGLOBICKI W.–BARAN-ZGLOBICKA B. (2011): Gullies as an indicator of human impact on loess landscape (Case study: North Western Part of Lublin Upland, Poland) ZEITSCHRIFT FÜR GEOMORPHOLOGIE 55(1): 119-137 DOI: 10.1127/0372-8854/2011/0055S1-0042

ZHU T. X.–LUK S.H.–CAI Q. G. (2002) Tunnel erosion and sediment production in the hilly loess region, North China. *Journal of Hydrology* 257. pp. 78-90.

A szélrózsió és az ellene való védekezés

Felvezetés

A Föld felszínén az éghajlati és a domborzati adottságoknak köszönhetően jelentős kiterjedésű vízhiányos területek alakultak ki. A szárazság, csapadékszegénység elsősorban a trópusi és a mérsékeltövi sivatagi, félsivatagi térszínre jellemző, de azokon túl a nagyobb, mezőgazdaságilag hasznosított, illetve hasznosítható tájakon is gyakori jelenség. Az ember természetátalakító tevékenysége következtében ott is kialakultak, illetve kialakulhatnak vízhiányos területek, ahol egyébként az éghajlati adottságok ezt nem indokolják.

A szél felszínalakító tevékenysége ott jelentkezik, ahol nem védi megfelelő növényzet a felszínt és a szél energiája elegendő a felszíni kőzet- és talajszemcsék elmozdításához. Ezeken a területeken a szél által kialakított különböző formák gyorsan megjelennek és változnak.

Napjainkban már közismert, hogy a szél nemcsak a futóhomok területeken érezteti hatását, hanem a kötöttebb talajú felszíneken is komoly károkat idéz elő. A szélrózsió mechanizmusának és a védekezés lehetőségeinek a tanulmányozása elsősorban azért indokolt, mert az egyik legfontosabb természeti erőforrásunknak – a talajnak – a védelmét segíti elő. A szélrózsióból származó por légköri felhalmozódása hatással van a levegő minőségére és ezáltal az emberi egészségre is.

Napjainkban a globális klímaváltozás hatására az emelkedő hőmérséklet és a szélsőséges időjárás hatására a szélrózsió veszélye fokozódik a hazai mezőgazdasági területeken is, ezért fontosnak tartjuk a törvényszerűségeinek, illetve az ellene való védekezésnek a megismerését.

A szélrózsió fogalma

A szél felszínalakító tevékenységét szélrózsiónak nevezzük. Az elmúlt évtizedekben azonban a szélrózsiós kutatásokban több, az erózióhoz kötődő fogalom jelent meg a szakirodalomban. A kutatások eleinte elsősorban a futóhomok területekhez kötődtek. A szél munkájának tanulmányozásakor megkülönböztették a homok kifújását (deflációt), szállítását (transzportációt) és felhalmozódását (akkumulációt). A szélrózsió formáinak csoportosításánál olvashatunk a deflációs és akkumulációs formákról, deflációs és akkumulációs területekről, stb.